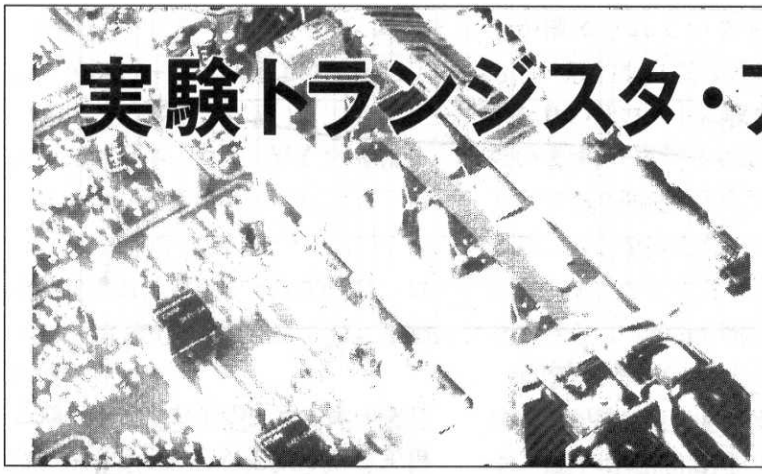


実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

9月号「クロストーク」の塚田氏のアンプのシミュレーション

氏の回路図（**第1図**に再掲載）には真空管の型番，抵抗値，電圧などが省略されていますが，オール3極管構成の全段直結です．初段は差動増幅，2段目はカソード・フォロワとなっています．

早速ですが，**第2図**のアンプを考えてみました．初段は増幅度を稼ぐため12AX7，2段目は6CG7，そして出力段はEL34三結としてみました．

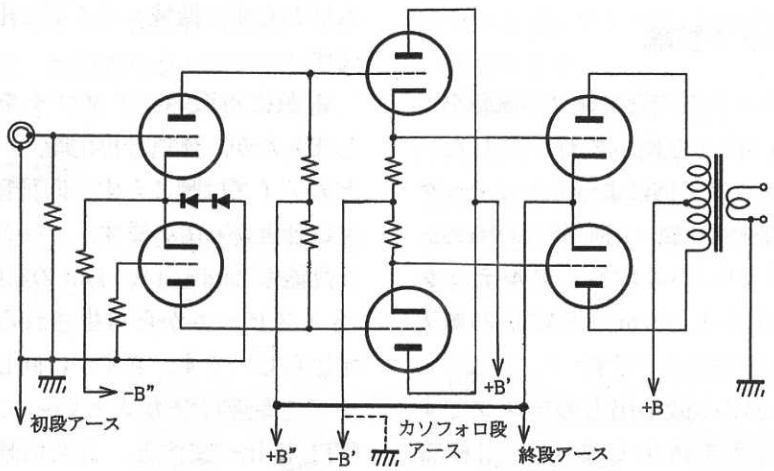
初段の共通カソードに真空管やトランジスタの定電流回路を挿入するのは安全性と音質の点で好ましくない，と主張される塚田氏のご意見を尊重し，抵抗200kを用いました．

塚田氏は共通カソードにダイオードを挿入されていますが，シミュレーションするとひずみ率が悪化したので，これははずしました．12AX7のプレート負荷抵抗は320kにしました．

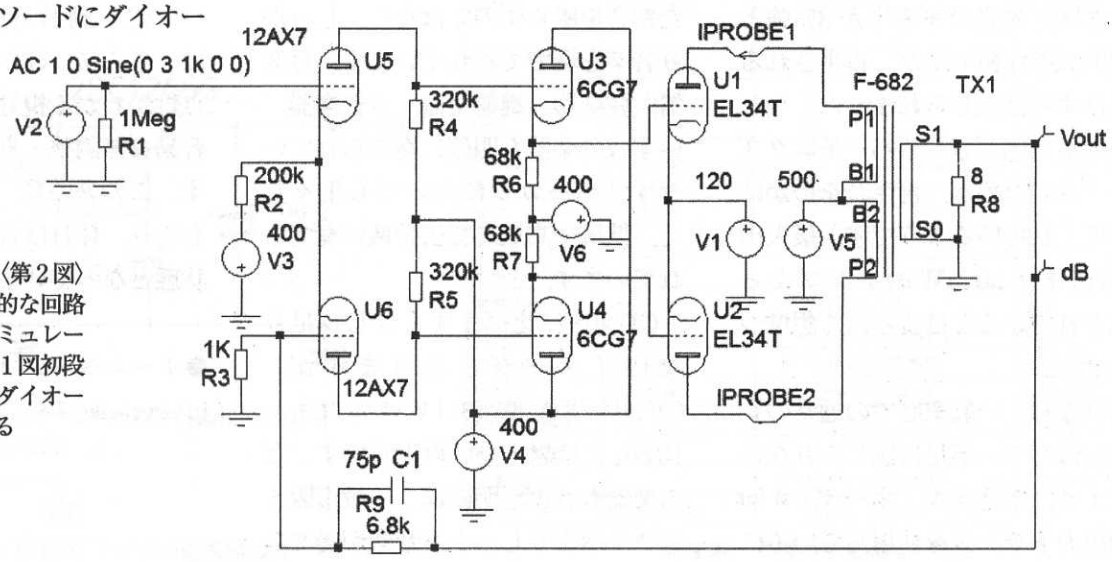
出力管のカソードには120Vを与えました．グリッド～カソード間バイアス電圧は−28V，アイドリング電流は65mAです．

EL34のプレート電圧は500Vにしました．無信号時プレート損失は約25Wです．

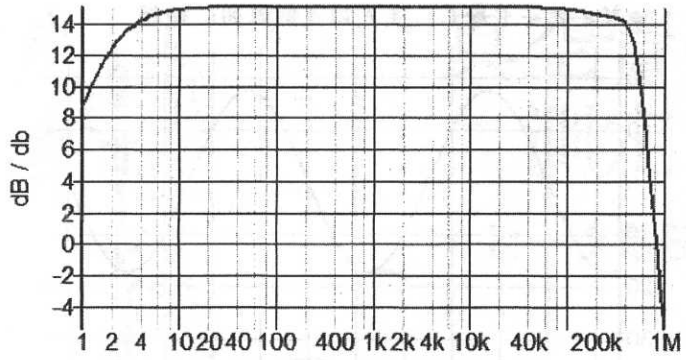
周波数特性を**第3図**に示します．100kHzぐらいまで平坦で，400kHzまではなだらかに減衰，400kHz以上は急峻に減衰していま



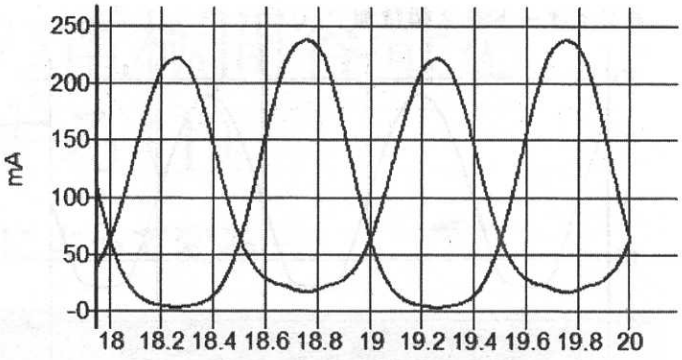
〈第1図〉本誌9月号「クロストーク」に投稿された塚田氏の3段直結アンプ



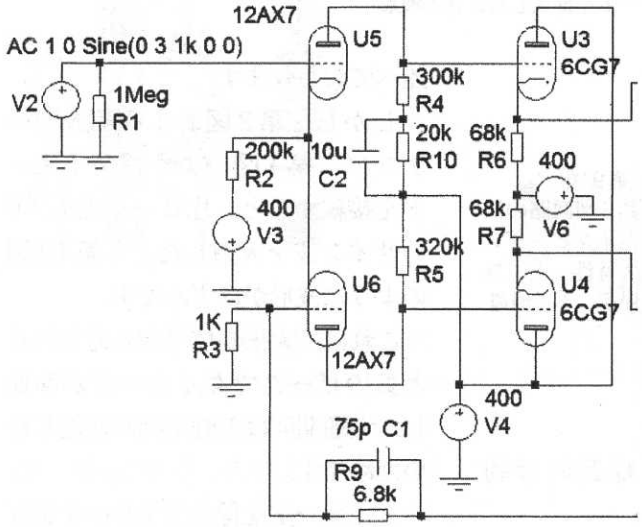
〈第2図〉
上の回路に具体的な回路定数を与えたシミュレーション回路．第1図初段からカソードのダイオードははずしてある



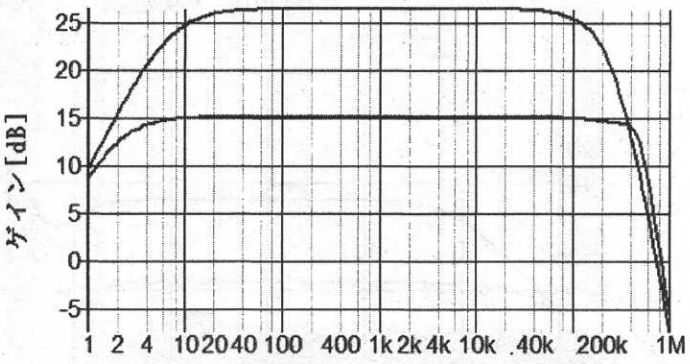
〈第3図〉第2図の回路の周波数特性



〈第4図〉EL34の $I_b + I_{C2}$ 電流波形



◀〈第5図〉初段の交流負荷抵抗を変えてゲインをバランスさせる



〈第6図〉第5図回路の周波数特性．下はNFBあり

す．

片ピーク振幅＝3Vの1kHzサイン波を入力したときのEL34のプレート電流波形を**第4図**に示します．U1とU2の振幅はアンバランス（U1の振幅＞U2の振幅）です．これは負帰還によって同相入力電圧が大きくなるためです．

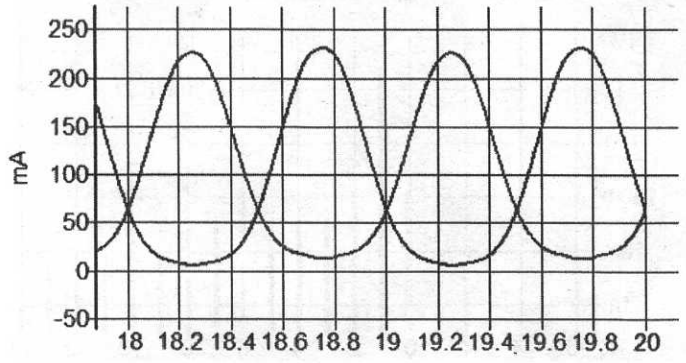
定電流回路を使えばアンバランスは解消しますが，前述のように定電流回路を使わないとすれば，アンバランスはやむを終えません．ただ，この点は初段のプレート負荷抵抗をアンバランスにして解決できます．

具体的には**第5図**のようにします．直流プレート電圧を等しく維持するには両プレート負荷抵抗は同じ値でなければなりません．そこで，U5には300k＋20kを接続し，U6の負荷抵抗320kと同じ値にします．

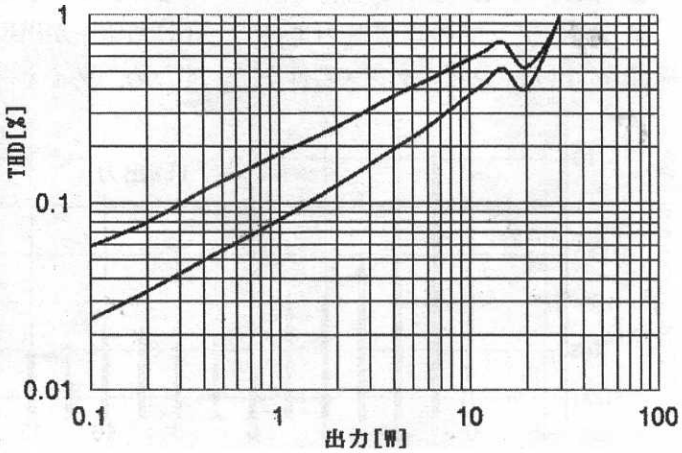
なお，20kと並列に10μFを接続して，U5の交流負荷抵抗を300k，U6の交流負荷抵抗を320kにして，ゲインのアンバランスをキャンセルします．

(1) 周波数特性

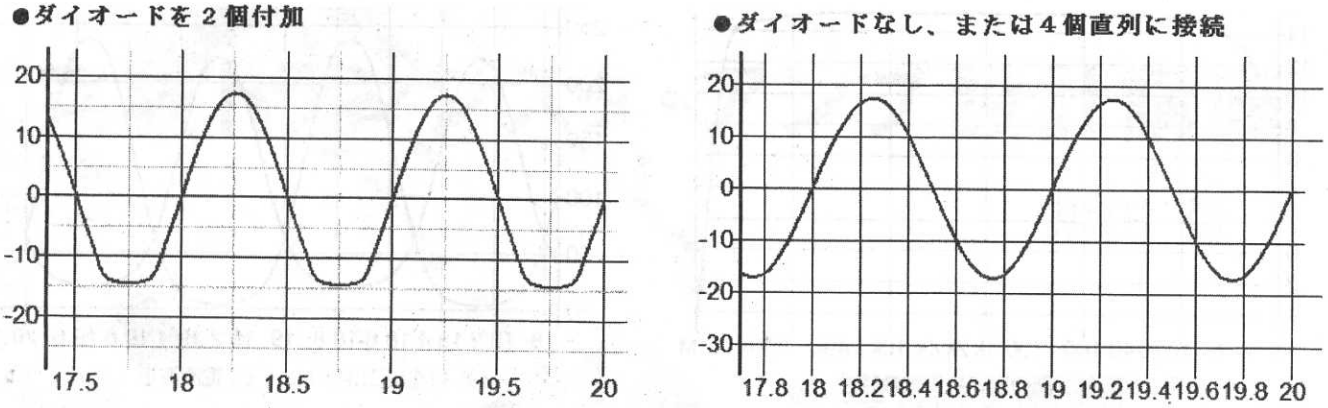
周波数特性は**第2図**の回路（第3図参照）と変わりません．負帰還をはずしたときと負帰還をかけたときの周波数特性を**第6図**に示します．出力トランスはタムラのF682（1次3.5k，2次8Ω）を用いました．そのデバイス・モデルは，電子回路



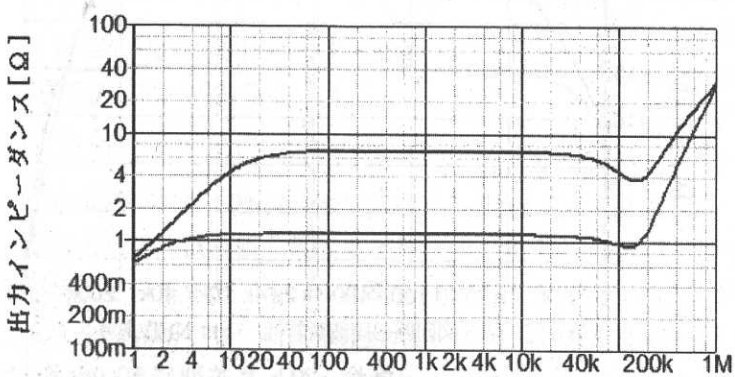
〈第7図〉第5図アンプのEL34のプレート電流波形



〈第8図〉ひずみ率特性．上が第2図，下が第5図の回路のもの



〈第10図〉初段共通カソードにダイオードを挿入したときの波形



〈第9図〉
第5図回路の出力インピーダンス特性．上：無帰還，下：帰還

シミュレータSIMetrix/SIMPLIS/CQ版付属の中林歩氏の作成されたものを使いました．なお，**第5図**のアンプのEL34のプレート電流波形を**第7図**に示します．

(2) ひずみ率特性

第2図のアンプと**第5図**のアンプのひずみ率のシミュレーションを**第8図**に示します．**第2図**のアンプは小出力時のひずみ率がやや大きくなっています．しかし，THDは30Wまで1%以下です．

(3) 出力インピーダンス

第5図のアンプの無帰還および帰還時の出力インピーダンス特性を**第9図**に示します．帰還時は約1Ωです．

初段共通カソードにダイオードを接続すると波形がひずむ理由

塚田氏は，6月号の「クロストーク」において，初段がヒートアップするまでは初段球にカソード電流が流れないため，カソード電位が大きく下がり，ヒータ・カソード間耐圧をオーバーしたり，ヒータが暖まるときにグリッド電流が流れて入力端子に負電圧が出現したりするのを防ぐため，ダイオードを挿入した，と述べておられます．

しかし，**第2図**および**第5図**のアンプに**第1図**のようにダイオードを接続すると，片ピーク電圧3Vのサイン波を入力したとき**第10図**のように波形がひずみます．

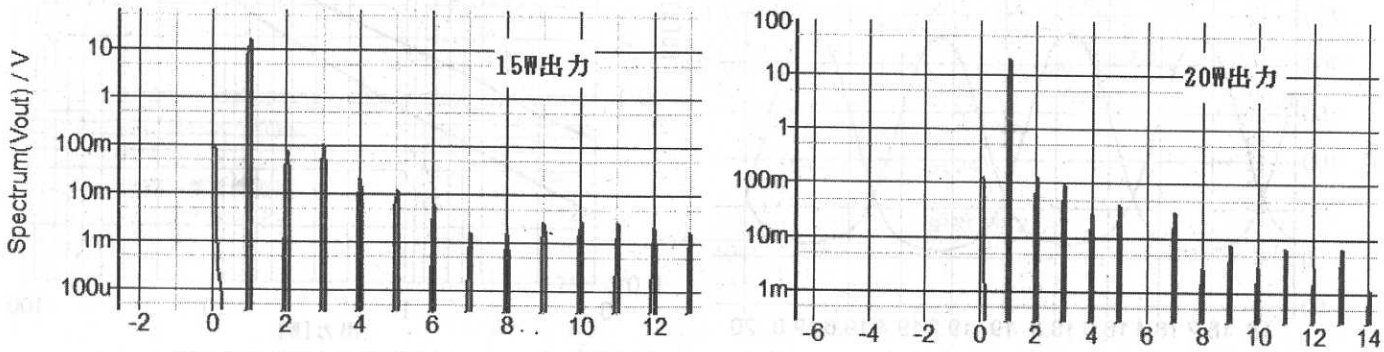
これは，大振幅信号が入力されると負のピークでダイオードが導通し，導通期間は差動増幅が機能しないためです．

ダイオードを除去するか，4個直列にすれば，ひずみません．

出力20Wにおいて，ひずみ率が低下する不思議

第8図に示すように，20W出力時にひずみが減っています．理由がわからないので，フーリエ解析してみました（**第11図**参照）．

15W，20W，30Wのスペクトル分布は微妙に違いますが，この図から20W出力時のひずみ率が小さい理由を読みとることは困難です．今後の課題にしたいと思います．



〈第11図〉第8図でひずみが減っている20W出力を15W出力でのFFT解析．ひずみ減少の理由は不明？